



หนังสือชุดเทคนิคการเรียนรู้ชีววิทยา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์



การประสานงาน ในร่างกาย มนุษย์และสัตว์

ประกอบด้วย

-  การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต
-  การรับรู้และการตอบสนอง
-  ระบบต่อมไร้ท่อ
-  พฤติกรรมของสัตว์
-  แบบทดสอบการประสานงานในร่างกายมนุษย์และสัตว์

เทคนิคการเรียนชีววิทยา : การประสานงานในร่างกายมนุษย์และสัตว์

เขียนโดย ฝ่ายวิชาการ สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์

ISBN (E-book) 2026-0811-0091-8

จำหน่ายอีบุ๊ก สิงหาคม 2569

ราคา 100 บาท

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ. 2558

เนื้อหา รูปเล่ม และภาพประกอบในหนังสือเล่มนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์
ห้ามคัดลอก ยกเว้นได้รับอนุญาต

บรรณาธิการ กวียา เนาวประทีป

ปก/รูปเล่ม ฝ่ายศิลปกรรม สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์

จัดทำโดย

ทจก. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์

เลขที่ 45 ซอยจรัญสนิทวงศ์ 40 ถนนจรัญสนิทวงศ์

แขวงบางยี่ขัน เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700

โทรศัพท์ : 0-2433-7755-7 โทรสาร : 0-2433-7703

จัดจำหน่ายในรูปแบบสิ่งพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์โดย

บริษัท เกรท มีเดีย เอเจนซี จำกัด

85 ซอยบรมราชชนนี 75 แขวงบางระมาด เขตตลิ่งชัน กรุงเทพฯ 10170

โทร. 0-2433-7755-7, 086-330-6425

คำนำ

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า เป้าหมายของการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นั้นมุ่งให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลายให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมอย่างหลากหลายด้วยการลงมือปฏิบัติจริงที่เหมาะสมกับแต่ละระดับชั้น

วิชาชีววิทยาก็เป็นแขนงหนึ่งของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้เขียนจึงได้จัดทำหนังสือ **เทคนิคการเรียนรู้ชีววิทยา : การประสานงานในร่างกายมนุษย์และสัตว์** เล่มนี้ขึ้นมา เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักเทคนิคในการเรียนชีววิทยาให้เก่งได้ด้วยตนเอง ด้วยการนำไปอ่านและฝึกทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบที่มีอยู่อย่างหลากหลาย เฉพาะเรื่องที่ตนเองสนใจหรือยังไม่เข้าใจอย่างถ่องแท้ให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น และยังสามารถนำไปใช้เสริมกับการเรียนกวดวิชาตามสถาบันต่างๆ อีกทั้งครู-อาจารย์ผู้สอนก็สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้ด้วย

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน ครู-อาจารย์ผู้สอนได้ตามสมควร หากมีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใดผู้เขียนต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ด้วยความปรารถนาดี

ฝ่ายวิชาการ สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์

สารบัญ

1.	การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	5
1.1	การเคลื่อนที่ของโพรทิสต์และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	5
1.2	การเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	7
1.3	การเคลื่อนที่ของมนุษย์	10
2.	การรับรู้และการตอบสนอง	22
2.1	การรับรู้และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิต	22
2.2	เซลล์ประสาท	23
2.3	ศูนย์ควบคุมระบบประสาท	29
2.4	การทำงานของระบบประสาท	35
2.5	อวัยวะรับสัมผัส	39
3.	ระบบต่อมไร้ท่อ	56
3.1	ต่อมไร้ท่อและฮอรโมน	56
3.2	ฮอรโมนจากต่อมไร้ท่อและอวัยวะสำคัญ	57
3.3	การทำงานของฮอรโมน	65
3.4	ฟีโรโมน	66
4.	พฤติกรรมของสัตว์	75
4.1	กลไกการเกิดพฤติกรรม	75
4.2	ประเภทของพฤติกรรม	76
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับพัฒนาการของระบบประสาท	81
4.4	การสื่อสารระหว่างสัตว์	81
	แบบทดสอบการประสานงานในร่างกายมนุษย์และสัตว์	89

1. การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

1.1 การเคลื่อนที่ของโพรทิสต์และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

1. การเคลื่อนที่ของโพรทิสต์

สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวพวกโพรทิสต์ เช่น อะมีบา ยูกลีนา และพารามีเซียมยังไม่มีระบบเนื้อเยื่อและระบบโครงกระดูก จึงมีการเคลื่อนที่แตกต่างกัน บางชนิดเคลื่อนที่โดยใช้การไหลของไซโทพลาซึม บางชนิดเคลื่อนที่โดยใช้ออร์แกเนลล์พวกแฟลเจลลัมหรือซิเลีย

1) **อะมีบา (Amoeba)** เคลื่อนที่ได้โดยอาศัยการไหลเวียนของไซโทพลาซึมภายในเซลล์ และมีทิศทางการไหลเวียนที่แน่นอน การไหลของไซโทพลาซึมภายในเซลล์ เรียกว่า ไซโคลซิส (Cyclosis) ซึ่งเกิดจากการหดตัวและการคลายตัวของไมโครฟิลาเมนต์ (Microfilament) ซึ่งมีเส้นใยโปรตีนพวกแอกทินและไมโอซินจำนวนมากอยู่ตามบริเวณต่างๆ ภายในเซลล์ เมื่อไซโทพลาซึมไหลไปในทิศที่เซลล์นั้นเคลื่อนที่ไปก็จะดันเยื่อหุ้มส่วนนั้นให้โป่งออกมาเป็นชูโดพอดียม (Pseudopodium) หรือเท้าเทียม จากนั้นไซโทพลาซึมทั้งเซลล์จะเคลื่อนตามไปในทิศทางเดียวกับชูโดพอดียมทำให้อะมีบาเคลื่อนที่ได้ เรียกการเคลื่อนที่แบบนี้ว่าการเคลื่อนที่แบบอะมีบา (Amoeboid movement)

2) **ยูกลีนา (Euglena)** เคลื่อนที่ได้โดยใช้แฟลเจลลัม (Flagellum) โบกพัดน้ำทำให้เคลื่อนที่ได้ แฟลเจลลัมมีลักษณะเป็นเส้นยาวคล้ายหนวดมีเพียง 1 - 2 เส้นเท่านั้น แฟลเจลลัมแต่ละเส้นประกอบด้วยไมโครทิวบูล (Microtubule) เรียงตัวแบบ 9 + 2 คือ มีหลอดแกนกลาง 2 หลอดและหุ้มด้วยหลอดเล็กๆ ติดกันเป็นคู่จำนวน 9 คู่ ตรงโคนของแฟลเจลลัมจะอยู่ใกล้ลงไปเยื่อหุ้มเซลล์ เรียกว่า เบซัลบอดี (Basal body) หรือไคเนโทโซม (Kinetosome) ซึ่งประกอบด้วยไมโครทิวบูลเรียงตัวแบบ 9 + 0 คือ ไม่มีหลอดแกนกลาง 2 หลอด จากการศึกษาโครงสร้างของเซนทริโอลแล้วพบว่าไมโครทิวบูลสร้างเป็นแบบ 9 + 0 นั้น ทำให้นักวิทยาศาสตร์เชื่อกันว่าเซนทริโอลเป็นจุดกำเนิดของแฟลเจลลัมทำหน้าที่ควบคุมการพัดโบกของแฟลเจลลัม และเป็นจุดกำเนิดของเบซัลบอดี

3) **พารามีเซียม (Paramecium)** เคลื่อนที่ได้โดยใช้ซิเลีย (Cilia) โบกพัดน้ำกลับไปกลับมาคล้ายกับการพัดวีทำให้เคลื่อนที่ได้ ซิเลียมีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ สั้นๆ คล้ายขนจำนวนมากยื่นออกจากเซลล์ ซิเลียสั้นกว่าแฟลเจลลัมถึง 50 เท่า แต่มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยไมโครทิวบูลเหมือนกับแฟลเจลลัม

2. การเคลื่อนที่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีทั้งพวกที่ไม่มีโครงร่างแข็งหุ้มลำตัว เช่น พลาเนเรีย ไฮดรา แมงกะพรุน ฯลฯ และพวกมีโครงร่างแข็งหุ้มภายนอกลำตัว (Exoskeleton) เช่น แมลง กุ้ง ปู หอย ปะการัง ฯลฯ โดยโครงร่างแข็งจะช่วยป้องกันอันตรายให้แก่ส่วนที่อ่อนนุ่มภายในลำตัว พวกแมลง กุ้ง ปู มีการลอกคราบหลายครั้งเพื่อเพิ่มขนาดตัว ส่วนพวกหอยไม่มีการลอกคราบแต่มีการสร้างเปลือกที่ใหญ่ขึ้นตามขนาดของลำตัว

1) **พลาเนเรีย (Planaria)** เคลื่อนที่อยู่ในน้ำโดยใช้ซิเลียที่อยู่ด้านล่างของลำตัวโบกไปมา คล้ายกับพารามีเซียม แต่ถ้าเคลื่อนที่บริเวณผิววัตถุใต้น้ำหรือคืบคลานไปบนวัตถุใต้น้ำจะอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อลำตัว 3 ชุด คือ กล้ามเนื้อวง (Circular muscle) กล้ามเนื้อตามยาว (Longitudinal muscle) และกล้ามเนื้อบนและล่าง (Dorsoventral muscle)

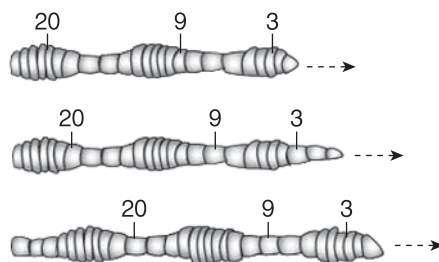
2) **ไฮดรา (Hydra)** ส่วนใหญ่ใช้ส่วนเท้าเกาะนิ่งอยู่กับที่โดยเคลื่อนไหวโดยจับอาหารเข้าปาก และสามารถเคลื่อนที่โดยการคืบคลานไปคล้ายหนอนหรือปลิง ว่ายน้ำโดยปล่อยตัวลอยไปตามกระแสน้ำ และตีลังกาโดยใช้ส่วนเท้าและหนวด

3) **แมงกะพรุน (Jellyfish)** ส่วนใหญ่ลอยในน้ำทะเล มีรูปร่างคล้ายกระดิ่ง เคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวของเนื้อเยื่อบริเวณขอบกระดิ่งและเนื้อเยื่อบริเวณผนังลำตัวเป็นจังหวะ โดยพ่นน้ำออกทางด้านล่างของลำตัว แรงน้ำจะช่วยดันลำตัวให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางที่น้ำพ่นออกมา

4) **ดาวทะเล (Starfish)** เคลื่อนที่โดยอาศัยระบบท่อน้ำ (Water vascular system) ซึ่งประกอบด้วยช่องรับน้ำเข้าและออกจากร่างกายที่อยู่ทางด้านบนของลำตัว เรียกว่า ช่องมาดรีโพไรต์ (Madreporite) เชื่อมต่ออยู่กับท่อน้ำแหวนที่อยู่รอบปาก เรียกว่า วงท่อน้ำ (Ring canal) มีท่อน้ำยาวแยกจากวงท่อน้ำไปตามแขนทั้ง 5 ของดาวทะเล และมีท่อแตกแขนงออกมาทั้งซ้ายและขวาของท่อน้ำนี้เป็นจำนวนมาก ท่อย่อยที่แตกแขนงออกมาจะเชื่อมต่อกับกระเปาะแอมพูลลา (Ampulla) ซึ่งมีหลอดทิวบ์ฟีท (Tube feet) อยู่ทางด้านล่าง การยืดและหดของทิวบ์ฟีทหลายๆ อันต่อเนื่องกันจะทำให้ดาวทะเลเคลื่อนที่ได้โดยการประสานการเคลื่อนไหวของแขนทั้ง 5

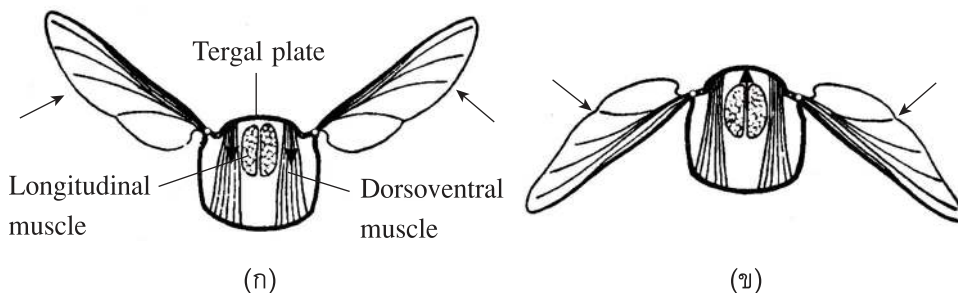
5) **หมึกทะเล (Squid)** เคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อและการพ่นน้ำออกมาทางท่อไซฟอน (Siphon) ซึ่งอยู่บริเวณส่วนหัวด้านล่างของหมึกทะเล ขณะที่น้ำถูกพ่นออกจะเกิดแรงดันทำให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางที่น้ำพ่นออกมา ท่อไซฟอนนี้สามารถเคลื่อนไหวได้ส่งผลให้สามารถเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ได้ด้วย

6) **ไส้เดือนดิน (Earthworm)** เคลื่อนที่โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อผนังลำตัวสองชุด คือ กล้ามเนื้อวง (Circular muscle) และกล้ามเนื้อตามยาว (Longitudinal muscle) โดยมีเดือยเล็กๆ (Setae) ที่ยื่นออกจากผนังลำตัวแต่ละปล้องช่วยในการเคลื่อนที่โดยใช้เดือยบริเวณส่วนท้ายของลำตัวจิกดินเพื่อไม่ให้ส่วนท้ายของลำตัวเคลื่อนที่ ในขณะที่เดียวกันกล้ามเนื้อวงคลายตัวและกล้ามเนื้อตามยาวหดตัวจะดึงส่วนท้ายของลำตัวไปข้างหน้าได้ การหดตัวและการคลายตัวของกล้ามเนื้อมีลักษณะเป็นระลอกคลื่น ถ้าไส้เดือนดินเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจะเกิดระลอกคลื่นการหดตัวของกล้ามเนื้อไปทางด้านหลัง แต่ถ้าไส้เดือนดินเคลื่อนที่ถอยหลังจะเกิดระลอกคลื่นการหดตัวของกล้ามเนื้อไปทางด้านหน้า



รูปภาพแสดงการเคลื่อนที่ของไส้เดือนดิน

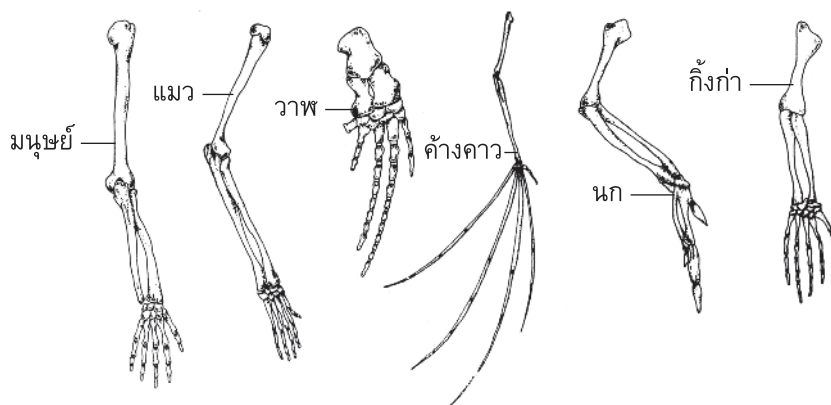
7) แมลง (Insect) ขณะที่ใช้ขาเดินแมลงสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อ 2 ชุด คือ กล้ามเนื้องอขา (Flexor) และกล้ามเนื้อเหยียดขา (Extensor) ซึ่งทำงานแบบสภาวะตรงกันข้ามหรือแอนตาโกนิซึม (Antagonism) ในขณะบินปีกจะขยับขึ้นลงตลอดเวลาโดยอาศัยการหดตัวและการคลายตัวของกล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มส่วนนอก (Dorsoventral muscle) และกล้ามเนื้อตามยาว (Longitudinal muscle) ที่ทำงานในสภาวะตรงกันข้าม เมื่อกล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มส่วนนอกหดตัวและกล้ามเนื้อตามยาวคลายตัว ระดับเปลือกหุ้มส่วนนอกด้านบน (Tergal plate) จะลดระดับลงจากเดิม ปีกจะยกขึ้น (ก) ในทางตรงกันข้ามเมื่อกล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มส่วนนอกคลายตัวและกล้ามเนื้อตามยาวหดตัว ระดับเปลือกหุ้มส่วนนอกด้านบนจะถูกยกขึ้น ปีกจะหุบลง (ข)



รูปภาพแสดงการทำงานของกล้ามเนื้อของแมลงขณะบิน

1.2 การเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

สัตว์มีกระดูกสันหลังจัดอยู่ในระบบโครงร่างแข็งภายในลำตัว (Endoskeleton) คือ มีระบบโครงกระดูกประกอบด้วยกระดูก กระดูกอ่อน เอ็น และข้อต่อต่างๆ สัตว์มีกระดูกสันหลังไม่ว่าจะอาศัยอยู่บนบกหรือในน้ำก็ตามจะต้องมีโครงสร้างสำหรับใช้ในการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวร่างกายโดยเฉพาะร่างกายซึ่งมีการพัฒนาแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของการทำงาน ทำให้มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวของสัตว์แต่ละพวกไม่เท่าเทียมกัน



รูปภาพแสดงกระดูกอย่างคู่หน้าของสัตว์เทียบกับมนุษย์

1. การเคลื่อนที่บนบก

1) สุนัข แมว ม้า วัว ควาย กวาง เสือเคลื่อนที่โดยใช้สี่เท้า พบว่าช่วงความยาวและความสามารถในการโค้งงอของกระดูกมีส่วนช่วยในการเคลื่อนที่ได้มาก เช่น ถ้ามีกระดูกสันหลังยาว ระยะของการเคลื่อนที่จะยาวขึ้นด้วย และถ้าสามารถโค้งกระดูกสันหลังได้ดีก็จะทำให้ลำตัวแอ่นหรือโก่งได้มาก เป็นการเพิ่มระยะของการเคลื่อนที่แต่ละครั้งได้ นอกจากนี้ลักษณะการใช้เท้าเคลื่อนที่ก็มีผลต่อประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่คือ สัตว์ที่ใช้ฝ่าเท้าเคลื่อนที่ เช่น หมู กระต่ายจะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าสัตว์ที่ใช้นิ้วเท้าเคลื่อนที่ เช่น แมว สุนัข และสัตว์เท้ากีบซึ่งนิ้วเท้าพัฒนาเหลือเพียง 1 - 2 นิ้วในแต่ละขา เช่น ม้า กวาง แกะ แพะ เป็นต้น

2) กบ เขียด กระต่าย จิ้งจกเคลื่อนที่โดยใช้ขาหลังกระโดด พบว่าสัตว์พวกนี้มีกระดูกสันหลังสั้น โครงกระดูกโค้งงอได้ไม่ดี จึงมีการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนที่โดยมีขาที่ยาวช่วยในการกระโดดโดยการเหยียดขาหลังออกไป

3) สัตว์เลื้อยคลานแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ พวกที่ไม่มีรยางค์ ได้แก่ งูชนิดต่างๆ มีการเคลื่อนที่โดยใช้กล้ามเนื้อและกระดูกสันหลังเคลื่อนไปด้านข้างกลับไปกลับมาในลักษณะของการสับตัวเป็นคลื่นดันตัวไปทางด้านหน้า และพวกมีรยางค์ เช่น จระเข้ จิ้งจก จิ้งเหลน กิ้งก่ามีการเคลื่อนที่โดยการก้าวขาไม่พร้อมกันของขาคู่หน้าและขาคู่หลังทำให้เกิดการเคลื่อนที่เป็นรูปตัวเอส (S)

2. การเคลื่อนที่ในน้ำ

1) ปลามีการปรับโครงสร้างของร่างกายและอวัยวะที่ใช้ในการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ให้เหมาะสมกับการอยู่ในน้ำได้ เช่น มีรูปร่างเพรียว มีผิวเรียบและมีเมือกลื่นๆ เคลือบไว้ช่วยลดแรงเสียดทานกับน้ำให้น้อยลง มีครีบแบนบางสำหรับพัดโบกช่วยในการเคลื่อนที่และพยุงตัวในน้ำได้ เป็นต้น ปลาสามารถเคลื่อนที่ได้ทุกทิศทาง เนื่องจากการทำงานของกล้ามเนื้อที่ยึดติดอยู่สองข้างของกระดูกสันหลังและการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้งสองข้างของลำตัวทำงานร่วมกันในสภาวะตรงกันข้าม (Antagonism) เมื่อกล้ามเนื้อที่ยึดติดกับกระดูกสันหลังด้านใดด้านหนึ่งหดตัว กล้ามเนื้ออีกด้านหนึ่งจะคลายตัวเริ่มจากหัวไปหาง และการพัดโบกไปมาของครีบหาง (Caudal fin) และคอดหางทำให้ลำตัวปลามีลักษณะเป็นเส้นโค้งสลับไปมา หัวไปทางหนึ่งและหางไปอีกทางหนึ่งมีลักษณะงอไปมาเหมือนรูปตัว S ช่วยให้ปลาเคลื่อนที่ไปทางด้านหน้าได้เป็นทางตรง มีครีบหลัง (Dorsal fin) และครีบกัน (Anal fin) ช่วยในการทรงตัว ขณะเดียวกันก็หุบครีบอก (Pectoral fin) และครีบสะโพก (Pelvic fin) เพื่อลดแรงเสียดทานจากน้ำ นอกจากนี้ปลาสามารถเคลื่อนที่ตามแนวตั้งได้โดยอาศัยการพัดโบกของครีบอกและครีบสะโพกร่วมกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณอากาศในถุงลมช่วยพยุงตัวและเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่ ปลาไหลเป็นปลาชนิดหนึ่งแต่ไม่มีครีบ มีลำตัวยาวและแบน มีการเคลื่อนที่เป็นรูปตัว S คล้ายกับงู

2) เต่ากระเป็นสัตว์เลื้อยคลานที่อาศัยอยู่ในทะเล มีขาคู่หน้าและคู่หลังพัฒนาไปเป็นอวัยวะว่ายน้ำมีลักษณะคล้ายใบพาย เรียกว่า ฟลิปเปอร์ (Flipper) เคลื่อนที่โดยการพัดโบกฟลิปเปอร์ทั้งสองคู่ประสานสัมพันธ์กันช่วยให้ทรงตัวและว่ายน้ำได้ดี

3) แมวน้ำ ช้างน้ำ และสิงโตทะเลเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่อาศัยบนบกและออกหากินในทะเล มีเท้าคู่หน้าพัฒนาไปเป็นอวัยวะว่ายน้ำมีลักษณะคล้ายใบพายช่วยในการโบกพัดน้ำร่วมกับส่วนอื่นๆ ของร่างกายทำให้ทรงตัวและว่ายน้ำได้ดี

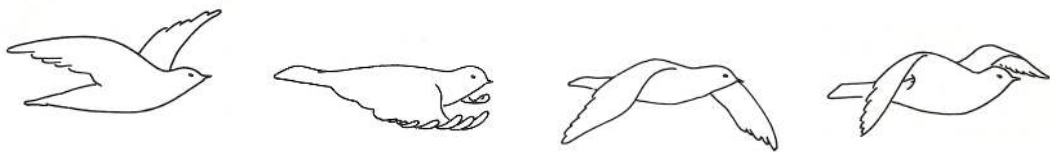
4) วาฬและโลมาเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่อาศัยอยู่ในทะเลตลอดชีวิต มีรูปร่างเพรียว คล้ายปลา ขาคู่หน้าพัฒนาไปเป็นอวัยวะว่ายน้ำมีลักษณะคล้ายครีบปลา ขาคู่หลังพัฒนาไปเป็นอวัยวะว่ายน้ำ มีลักษณะคล้ายหางปลา เคลื่อนที่โดยการตัวคดเป็นจังหวะขึ้นลงสลับกัน และใช้ครีบช่วยในการทรงตัวและว่ายน้ำได้ดี

5) กบและเป็ดโดยกบเป็นสัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบกสามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งบนบกและในน้ำ ส่วนเป็ดเป็นสัตว์ปีกซึ่งอาศัยอยู่บนบกแต่หากินในน้ำ ทั้งกบและเป็ดจึงพัฒนาโครงสร้างของเท้าให้มีพังผืด (Web) ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เชื่อมระหว่างนิ้วเท้าสำหรับใช้โบกพัดน้ำ ช่วยให้กบและเป็ดเคลื่อนที่ในน้ำได้ดี

6) นกเพนกวินเป็นสัตว์ปีกที่อาศัยบนบกและหากินในทะเล มีรูปร่างเพรียว มีปีกพัฒนาไปเป็นอวัยวะว่ายน้ำ ระหว่างนิ้วเท้าของนกเพนกวินมีพังผืดเหมือนเท้าเป็ดสำหรับใช้โบกพัดน้ำ ช่วยให้ว่ายน้ำหรือดำน้ำได้ดี

3. การเคลื่อนที่ในอากาศ

1) นกต่างๆ ส่วนใหญ่บินได้โดยพัฒนาขาคู่หน้าไปเป็นปีกมีลักษณะกว้างเมื่อเทียบกับลำตัว มีขนช่วยอุ้มอากาศ มีหางช่วยในการทรงตัวขณะบิน และปรับโครงสร้างอื่นๆ ให้เหมาะกับการบิน เช่น มีรูปร่างเพรียวลม กระดูกกลวงและเบา มีถุงลมเชื่อมกับปอดช่วยให้เก็บอากาศไว้หายใจขณะบิน เป็นต้น การยกปีกขึ้นลงของนกขณะบินอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อ 2 ชุด คือ กล้ามเนื้อยกปีก (Levator muscle) และกล้ามเนื้อหุบปีก (Depresser muscle) โดยกล้ามเนื้อทั้งสองจะทำงานร่วมกันแบบสภาวะตรงกันข้าม คือ เมื่อกล้ามเนื้อหุบปีกหดตัวและกล้ามเนื้อยกปีกคลายตัวจะทำให้ปีกกระพือลง ในทางกลับกันเมื่อกกล้ามเนื้อหุบปีกคลายตัวและกล้ามเนื้อยกปีกหดตัวจะทำให้ปีกกระพือขึ้น ขณะนกเริ่มบินจะชูปีกทั้งสองขึ้นแล้วกระพือปีกลงพร้อมทั้งทำปลายปีกงุ้ม ตัวนกจึงลอยขึ้นเนื่องจากแรงปะทะกับอากาศเพิ่มขึ้น จากนั้นโบกปลายปีกกลับไปด้านหลังแล้วสะบัดขึ้นด้านบนอย่างรวดเร็วทำให้นกพุ่งไปด้านหน้า กระบวนการดังกล่าวเกิดอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องจนจึงบินในอากาศได้



2) ค้างคาวเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมเพียงชนิดเดียวที่บินได้อย่างแท้จริง ส่วนมือและแขนพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปเป็นปีก มีพังผืดหรือเยื่อบางๆ เชื่อมระหว่างเท้า แขน ขา และลำตัว โดยมีกระดูกนิ้วที่ยืดยาวทำหน้าที่เป็นโครงของปีก



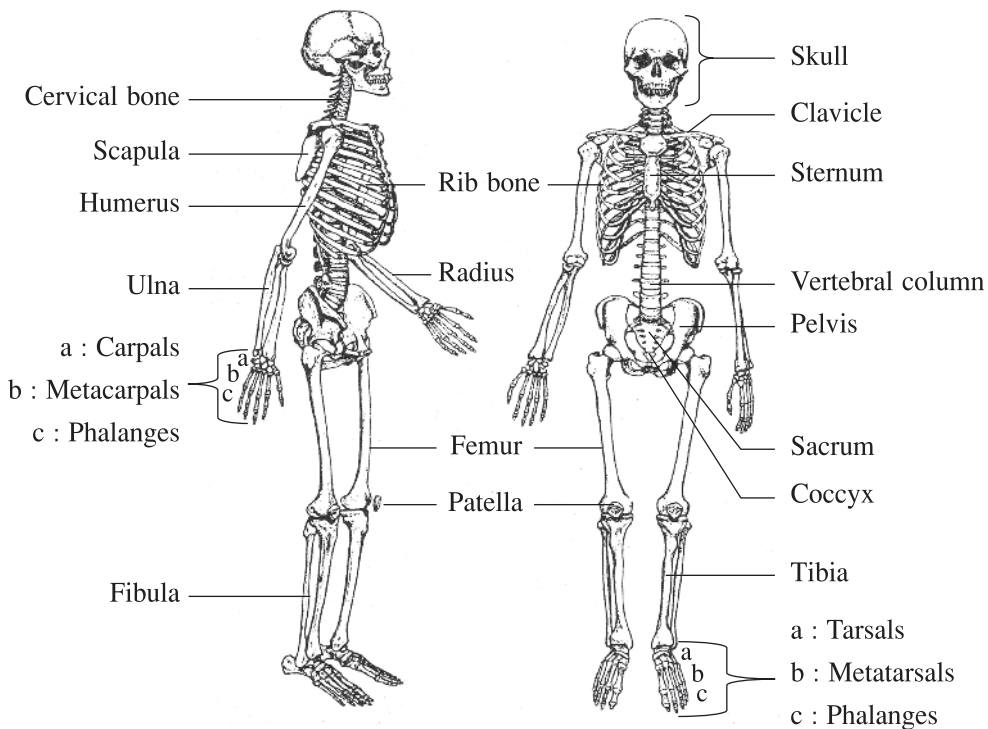
รูปภาพปีกค้างคาวเทียบกับปีกนก

3) บ้างและกระรอกบินเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มีพังผืดระหว่างแขนและขาแต่ไม่สามารถบินได้อย่างแท้จริง การเคลื่อนที่ของสัตว์เหล่านี้เป็นเพียงการร่อนในอากาศจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเท่านั้น

1.3 การเคลื่อนที่ของมนุษย์

มนุษย์มีโครงร่างแข็งแรงอยู่ภายในเช่นเดียวกับสัตว์มีกระดูกสันหลังอื่นๆ โครงร่างแข็งแรงภายในนี้ทำให้มีการยึดเกาะของกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น ช่วยค้ำจุนร่างกายและป้องกันการกระทบกระเทือนอวัยวะภายใน การเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ที่เกิดจากการทำงานของระบบประสาทกับกล้ามเนื้อ และจะต้องอาศัยการทำงานที่สัมพันธ์กันระหว่างกล้ามเนื้อ กระดูก และข้อต่ออีกด้วย

โครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่



รูปภาพแสดงโครงกระดูกมนุษย์

1. โครงกระดูก (Skeleton) ในร่างกายมนุษย์มีทั้งหมด 206 ชิ้น แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) กระดูกแกน (Axial skeleton) มีทั้งหมด 80 ชิ้น

(1) กระดูกกะโหลกศีรษะ (Skull) มี 29 ชิ้น ประกอบด้วยกระดูกท้ายทอย (Occipital bone) 1 ชิ้น กระดูกข้างศีรษะ (Parietal bone) 2 ชิ้น กระดูกหน้าผาก (Frontal bone) 1 ชิ้น กระดูกขมับ (Temporal bone) 2 ชิ้น กระดูกรูปผีเสื้อ (Sphenoid bone) 1 ชิ้น กระดูกใต้สันจมูก (Ethmoid bone) 1 ชิ้น กระดูกใบหน้า (Bone of face) 14 ชิ้น กระดูกหู (Bone of ear) 6 ชิ้น และกระดูกโคนลิ้น (Hyoid) 1 ชิ้น

(2) **กระดูกสันหลัง (Vertebral column)** มี 26 ชิ้น ประกอบด้วยกระดูกคอ (Cervical bone) 7 ชิ้น กระดูกบริเวณอก (Thoracic bone) 12 ชิ้น กระดูกบริเวณเอว (Lumbar bone) 5 ชิ้น กระดูกกระเบนเหน็บ (Sacrum) 1 ชิ้น และกระดูกก้นกบ (Coccyx) 1 ชิ้น

(3) **กระดูกซี่โครง (Rib bone)** มี 24 ชิ้น (12 คู่) ต่ออยู่กับสองข้างของกระดูกสันหลังส่วนอก โดยตอนปลายของกระดูกจะโค้งมาทางด้านหน้าและเชื่อมต่อกับกระดูกหน้าอก ยกเว้นกระดูกซี่ที่ 11 และ 12 จะเป็นกระดูกซี่สั้นๆ และไม่เชื่อมกับกระดูกหน้าอก

(4) **กระดูกสันอก (Sternum)** มี 1 ชิ้น มีลักษณะยาวและแบน และเป็นกระดูกที่อยู่ตรงกลางของผนังทางด้านหน้าของช่องอก ทางด้านบนสุดรองรับกระดูกไหปลาร้า ขอบด้านข้างต่อกับกระดูกอ่อนซี่โครง

2) กระดูกกรยางค์ (Appendicular skeleton) มีทั้งหมด 126 ชิ้น

(1) **กระดูกแขน (Arm bone)** มี 60 ชิ้น (ข้างละ 30 ชิ้น) ประกอบด้วยกระดูกต้นแขน (Humerus) 2 ชิ้น กระดูกปลายแขนท่อนใน (Ulna) 2 ชิ้น กระดูกปลายแขนท่อนนอก (Radius) 2 ชิ้น กระดูกข้อมือ (Carpals) 16 ชิ้น กระดูกฝ่ามือ (Metacarpals) 10 ชิ้น และกระดูกนิ้วมือ (Phalanges) 28 ชิ้น

(2) **กระดูกขา (Leg bone)** มี 60 ชิ้น (ข้างละ 30 ชิ้น) ประกอบด้วยกระดูกต้นขา (Femur) 2 ชิ้น กระดูกสะบ้า (Patella) 2 ชิ้น กระดูกหน้าแข้ง (Tibia) 2 ชิ้น กระดูกน่อง (Fibula) 2 ชิ้น กระดูกข้อเท้า (Tarsals) 14 ชิ้น กระดูกฝ่าเท้า (Metatarsals) 10 ชิ้น และกระดูกนิ้วเท้า (Phalanges) 28 ชิ้น

(3) **กระดูกไหปลาร้า (Clavicle)** มี 2 ชิ้น และ**กระดูกสะบัก (Scapula)** มี 2 ชิ้น ตั้งอยู่บริเวณไหล่ทำหน้าที่เป็นฐานของแขนและเชื่อมโยงระหว่างกระดูกสันหลังส่วนบนกับกระดูกต้นแขน

(4) **กระดูกเชิงกราน (Pelvis)** มีอยู่ 2 ชิ้น อยู่บริเวณสะโพกทำหน้าที่เป็นฐานของขาและเชื่อมโยงระหว่างกระดูกสันหลังส่วนล่างกับกระดูกต้นขา

2. **ข้อต่อ (Joint)** เป็นบริเวณที่ปลายกระดูกอย่างน้อย 2 ชิ้นขึ้นไปมาประกบกัน มีความสำคัญต่อร่างกายช่วยเชื่อมกระดูกหลายชิ้นประกอบกันเป็นโครงร่างของร่างกาย ช่วยให้เกิดการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่

ชนิดของข้อต่อตามลักษณะการเคลื่อนไหว

1) **ข้อต่อชนิดที่เคลื่อนไหวไม่ได้ (Synarthrosis)** เป็นข้อต่อที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เป็นเส้นใย มีความแข็งแรงและต่อกันแนบสนิท ได้แก่ ข้อต่อระหว่างกะโหลกศีรษะซึ่งมีลักษณะเป็นแนวกระดูกประสาน

2) **ข้อต่อชนิดที่เคลื่อนไหวได้บ้าง (Amphiarthrosis)** เป็นข้อต่อที่มีกระดูกอ่อนอยู่ระหว่างปลายกระดูกทั้งสองที่มาต่อกัน เรียกว่า ข้อต่อกระดูกอ่อน (Cartilage joint) ได้แก่ ข้อต่อที่อยู่ระหว่างกระดูกเชิงกราน และข้อต่อระหว่างกระดูกสันหลัง

3) **ข้อต่อชนิดที่เคลื่อนไหวได้มาก (Diarthrosis)** เป็นข้อต่อที่มีช่องว่างอยู่ภายใน (Synovial joint) และภายในมีแผ่นเยื่อที่ทำหน้าที่สร้างของเหลวที่เรียกว่า น้ำไขข้อ (Synovial fluid) ได้แก่ ข้อต่อบริเวณหัวเข่า และข้อต่อที่นิ้วมือ

ชนิดของข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้มาก

1) ข้อต่อแบบบานพับ (Hinge joint) มีลักษณะการเคลื่อนไหวทางเดียว คือ งอเข้าและเหยียดออก ได้แก่ ข้อต่อบริเวณข้อศอกที่เชื่อมระหว่างกระดูกต้นแขนกับกระดูกปลายแขนท่อนในและท่อนนอก ข้อต่อบริเวณเข่า และข้อต่อของนิ้วมือ

2) ข้อต่อแบบอานม้า (Saddle joint) มีลักษณะการเคลื่อนไหวคล้ายแบบบานพับ แต่สามารถเคลื่อนที่ในแนวด้านข้างได้ด้วย ได้แก่ ข้อต่อโคนนิ้วหัวแม่มือ

3) ข้อต่อแบบบอลล์ แอนด์ ซอกเกต (Ball and socket joint) มีลักษณะการเคลื่อนไหวเป็นอิสระทุกทิศทาง ได้แก่ ข้อต่อที่ไหล่ และข้อต่อที่โคนขาที่กระดูกเชิงกราน

4) ข้อต่อแบบไถลiding (Gliding joint) มีลักษณะการเคลื่อนไหวได้บ้างเล็กน้อยโดยการขยับหรือถูไถซึ่งกันและกัน ได้แก่ ข้อต่อของกระดูกสันหลัง ข้อต่อที่ข้อมือและข้อเท้า

5) ข้อต่อรูปเดือยหรือข้อต่อแบบหมุนรอบแกนเดียวตามยาว (Pivot joint) มีลักษณะการเคลื่อนไหวที่กระดูกชิ้นหนึ่งเคลื่อนที่ไปรอบๆ แกนกระดูกอีกชิ้นหนึ่ง ได้แก่ ข้อต่อระหว่างกะโหลกศีรษะและกระดูกสันหลังส่วนคอชิ้นแรก ทำให้ศีรษะหมุนได้

3. กระดูกอ่อนและเอ็น บริเวณตอนปลายของกระดูกแต่ละท่อนตรงข้อต่อจะมีโครงสร้างที่เหนียวและยืดหยุ่นได้ เรียกว่า **กระดูกอ่อน (Cartilage)** เคลือบอยู่ กระดูกอ่อนได้รับอาหารจาก **น้ำไขข้อ (Synovial fluid)** ซึ่งเป็นของเหลวที่อยู่ระหว่างกระดูกอ่อน กระดูกอ่อนช่วยลดแรงเสียดทานของกระดูกขณะมีการเคลื่อนไหว กระดูกแต่ละท่อนเชื่อมต่อกันด้วยเอ็นที่เรียกว่า **ลิแกเมนต์ (Ligament)** ซึ่งมีความเหนียวมาก และมีเอ็นที่เชื่อมระหว่างกระดูกกับกล้ามเนื้อ เรียกว่า **เทนดอน (Tendon)** ช่วยในการเคลื่อนไหวอีกด้วย ถ้ากระดูกอ่อนสึกกร่อนหรือปริมาณน้ำไขข้อน้อยลงจะทำให้กระดูกแต่ละท่อนเบียดเข้ามามีติดกัน และเสียดสีกันจนเกิดการอักเสบ เมื่ออักเสบนานๆ จะส่งผลให้ปลายกระดูกที่เสียดสีกันงอกออกเป็นตะขอย หรือเป็นปุ่มตามข้อ ทั้งยังมีเอ็นพังผืดหนาขึ้นรอบๆ ข้อ ทำให้ข้อบวมโตได้

4. กล้ามเนื้อ (Muscle) กลไกสำคัญในการเคลื่อนไหวของร่างกายก็คือการทำงานของกล้ามเนื้อโดยการทำงานร่วมกันของกระดูกและระบบประสาท การหดตัวของกล้ามเนื้อยึดติดกับกระดูกทำให้โครงกระดูกและข้อต่อมีการเคลื่อนไหวได้อย่างสัมพันธ์กัน

ชนิดของกล้ามเนื้อ

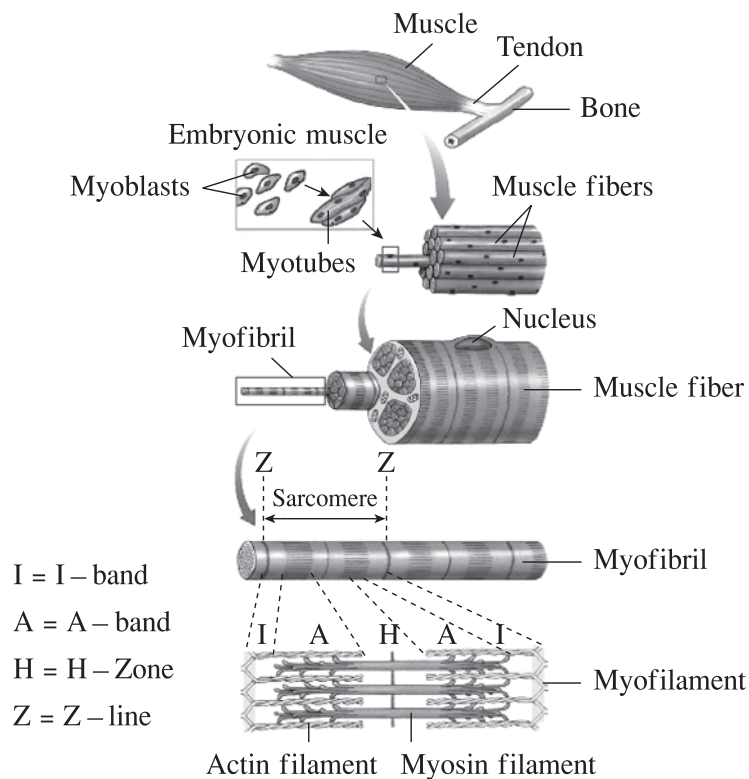
1) กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีรูปร่างเซลล์เป็นลายพาดขวาง และมีหลายนิวเคลียสเหมือนกับกล้ามเนื้อลาย แต่แยกแขนงโดยเซลล์แต่ละเซลล์มีขอบเขตแยกกันได้ชัดเจน การทำงานถูกควบคุมโดยประสาทอัตโนมัติ

2) กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีรูปร่างเซลล์แบนแหลม หัวแหลมท้ายเรียบและไม่มีลาย ภายในเซลล์มีนิวเคลียสหนึ่งเดียวอยู่ตรงกลาง ภายในกล้ามเนื้อเรียบมีเส้นใยโปรตีนทำให้สามารถหดตัวได้ แต่หดได้ช้าและนาน ใช้พลังงานน้อย การทำงานถูกควบคุมโดยประสาทอัตโนมัติ เช่นเดียวกับกล้ามเนื้อหัวใจ พบกล้ามเนื้อเรียบที่ผนังกระเพาะอาหาร ผนังลำไส้ ผนังหลอดเลือด ปอด ท่อ และต่อมต่างๆ เป็นต้น

3) กล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ยึดกับกระดูก บางครั้งเรียกว่า กล้ามเนื้อโครงกระดูก มีลักษณะเป็นเส้นใยยาวๆ เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์จะมองเห็นเป็นลายขาวและดำสลับกัน เซลล์กล้ามเนื้อลายประกอบกันเป็นมัดยาวๆ โดยแต่ละเซลล์มีนิวเคลียสอยู่บริเวณริมขอบเซลล์ กล้ามเนื้อลายมีความแข็งแรงและมีความสามารถในการหดตัวได้มาก การทำงานของกล้ามเนื้อลายควบคุมโดยประสาทส่วนกลาง

โครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย

กล้ามเนื้อลายอยู่ตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น กล้ามเนื้อที่หน้าอก หน้าท้อง แขน ขา เป็นต้น โดยกล้ามเนื้อและกระดูกยึดกันด้วยเอ็น กล้ามเนื้ออยู่รวมกันเป็นมัดๆ แต่ละมัดมีเยื่อหุ้มอยู่โดยรอบ เซลล์กล้ามเนื้อแต่ละมัดประกอบด้วยกลุ่มเซลล์กล้ามเนื้อหลายกลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยเซลล์มีลักษณะเป็นเส้นใยยาวเรียกว่า **เส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber)** เรียงตัวกันอยู่มากมาย ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อประกอบด้วยเส้นใยฝอย หรือ **ไมโอไฟบริล (Myofibril)** และภายในเส้นใยฝอยประกอบด้วยเส้นใยเล็กๆ หรือ **ไมโอไฟลาเมนต์ (Myofilament)** เรียงตัวกันทำให้มองเห็นกล้ามเนื้อมีลาย ไมโอไฟลาเมนต์ประกอบด้วยเส้นใยโปรตีน 2 ชนิด คือ **แอกทิน (Actin)** เป็นเส้นใยที่เป็นเกลียวคู่มีลักษณะบางและมีสีจาง และ **ไมโอซิน (Myosin)** เป็นเส้นใยหนาและมีสีเข้ม ตรงปลายมีลักษณะเป็นปม โดยเส้นใยโปรตีนทั้งสองชนิดนี้จะเรียงซ้อนกันและขนานกัน โดยเส้นใยไมโอซิน 1 เส้นจะล้อมรอบด้วยเส้นใยแอกทิน 6 เส้น

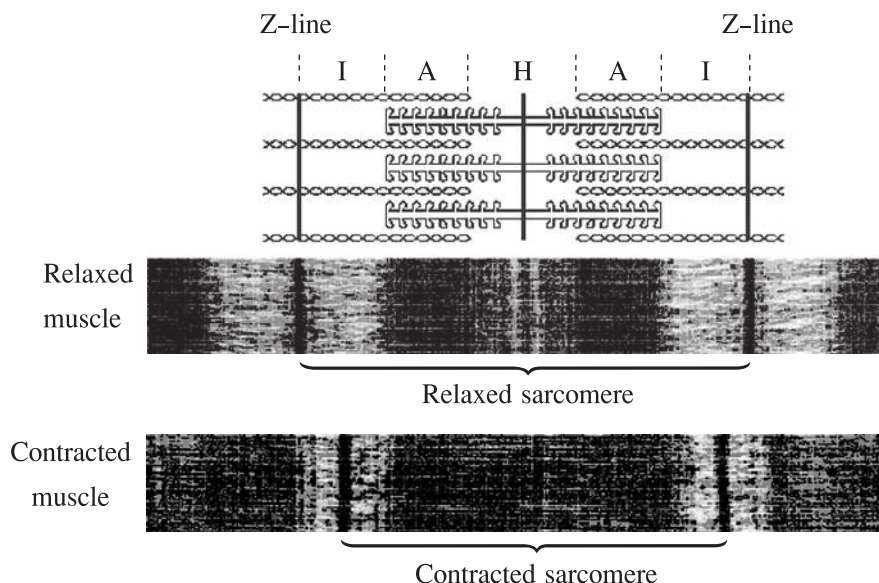


รูปภาพแสดงส่วนประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อลาย

เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาโครงสร้างของกล้ามเนื้อลายอย่างละเอียด พบว่าเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) แต่ละเส้นมีแถบ (Band) หรือเส้น (Line) ทึบแสงและโปร่งแสงสลับกันไป โดยแถบที่หนาและทึบแสงประกอบด้วยโปรตีนแอกทินและไมโอซิน เรียกว่า A-band ซึ่งตรงกลางแถบ A-band มีเพียงโปรตีนไมโอซินจึงมีสีจางและโปร่งแสง เรียกว่า H-zone แถบที่บางและโปร่งแสงมีเพียงโปรตีนแอกทิน เรียกว่า I-band ซึ่งแต่ละ I-band จะถูกแบ่งกลางด้วยเส้นทึบ เรียกว่า Z-line สำหรับระยะระหว่าง Z-line 2 เส้น เรียกว่า **ซาร์โคเมอร์ (Sarcomere)** ซึ่งเป็นหน่วยที่มีการบีบตัวต่อเนื่องกันของกล้ามเนื้อขณะทำงาน การที่กล้ามเนื้อทั้งหมดหดตัวนั้นเป็นเพราะผลรวมของการหดตัวของซาร์โคเมอร์หลายๆ หน่วยภายในเซลล์ของกล้ามเนื้อนั่นเอง

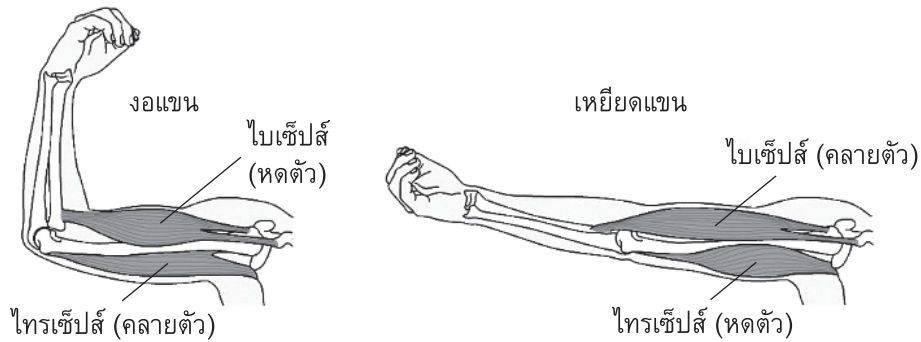
การทำงานของกล้ามเนื้อลาย

จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่าในขณะที่กล้ามเนื้อคลายตัวหน่วยซาร์โคเมอร์จะคลายตัว (Relaxed sarcomere) เนื่องจากเส้นใยแอกทินและไมโอซินไม่เลื่อนเข้าหากัน แต่ในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวหน่วยซาร์โคเมอร์จะหดตัว (Contracted sarcomere) ซึ่งเกิดจากเส้นใยแอกทินและไมโอซินเลื่อนเข้าหากัน โดยเส้นใยแอกทินหดตัวเข้าสู่ศูนย์กลางของ A-band ทำให้ระยะห่าง Z-line ลดลง I-band จะค่อยๆ ลดลงและอาจหายไปเมื่อมีการหดตัวเต็มที่ ขณะที่ A-band ไม่มีการเปลี่ยนแปลง สำหรับ H-zone พบว่าในขณะที่กล้ามเนื้อคลายตัวจะเห็น H-zone เป็นเส้นขาวๆ เล็กๆ แต่ในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว H-zone จะหายไป



การทำงานของกล้ามเนื้อเห็นได้ชัดเจนจากกล้ามเนื้อแขน ที่สำคัญเป็นกล้ามเนื้อคู่ **ไบเซ็ปส์ (Biceps)** และ **ไตรเซ็ปส์ (Triceps)** โดยไบเซ็ปส์เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ด้านหน้าของต้นแขน และ ไตรเซ็ปส์เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ด้านหลังของต้นแขน เมื่อส่องกล้องให้ร่างกายเคลื่อนไหว กล้ามเนื้อจะเกิดการหดตัวและคลายตัวสลับกัน เมื่อกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์หดตัวและกล้ามเนื้อไตรเซ็ปส์คลายตัวจะทำให้แขนงอ บริเวณข้อศอก (Flexion) ในทางตรงกันข้ามเมื่อกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์คลายตัวและกล้ามเนื้อไตรเซ็ปส์หดตัวจะ

ทำให้แขนเหยียดออก (Extension) โดยที่กล้ามเนื้อใดที่หดตัวแล้วทำให้ข้อพับงอเข้ามามีชื่อว่า กล้ามเนื้อเฟลกเซอร์ (Flexor) และกล้ามเนื้อใดที่หดตัวแล้วทำให้ข้อพับนั้นเหยียดออกจะเรียกว่า กล้ามเนื้อเอ็กซ์เทนเซอร์ (Extensor) ดังนั้นกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์จึงเป็นกล้ามเนื้อเฟลกเซอร์และกล้ามเนื้อไตรเซ็ปส์จึงเป็นกล้ามเนื้อเอ็กซ์เทนเซอร์



แบบฝึกหัดที่ 1

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามลงในช่องว่าง

1. อะมีบาไม่มีทั้ง Cilia และ Flagellum อะมีบาเคลื่อนที่ได้อย่างไร

2. Flagellum ในยูกลีนา และ Cilia ในพารามีเซียมมีลักษณะเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

3. การเคลื่อนที่แบบ Antagonism มีลักษณะอย่างไร

4. การเคลื่อนที่ของไส้เดือนดินมีทิศทางที่แน่นอน แตกต่างจากพยาธิตัวกลมที่ได้แต่งตัวไปมา เพราะเหตุใด

5. จงบอกข้อดีและข้อเสียของสัตว์ที่มีโครงร่างแข็งอยู่ภายนอกลำตัว

6. เสือชีตาห์เป็นสัตว์ที่วิ่งได้เร็วในการวิ่งในระยะสั้นๆ ลักษณะใดที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ของเสือชีตาห์

7. เพราะเหตุใดสัตว์น้ำจึงมีความจำเป็นในการใช้กล้ามเนื้อโครงร่างน้อยกว่าสัตว์บกที่มีขนาดเท่ากัน

8. ปลา มีลักษณะการเคลื่อนที่ในน้ำต่างจากโลมาหรือไม่ อย่างไร

9. นักเพนกวินมีรูปร่างลักษณะเหมาะสมกับการเคลื่อนที่ในน้ำอย่างไร จงอธิบาย
